

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

F16C 33/66

C10M101/00

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01142597.0

[43] 公开日 2002 年 7 月 10 日

[11] 公开号 CN 1357693A

[22] 申请日 2001.12.4 [21] 申请号 01142597.0

[30] 优先权

[32] 2000.12.4 [33] JP [31] 368551/00

[71] 申请人 日本精工株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 杉森庸一郎 住谷寿夫 中道治

小川隆司 寺田康久

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

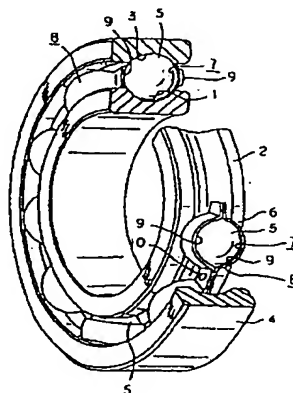
代理人 杨 梧 马高平

权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图页数 7 页

[54] 发明名称 滚动轴承

[57] 摘要

一种滚动轴承,可改善低温环境下运行起动时的轴承初期音响(护圈声)特性,降低微振损伤(磨损),并降低轴承转矩。内圈轨道的断面形状的曲率半径及外圈轨道的断面形状的曲率半径是滚动体直径的 51.0~60.0%,在所述滚动轴承中密封有润滑脂组成物,所述润滑脂组成物是在基础油中加入金属皂类增稠剂而形成的润滑脂组成物,其中,所述基础油是将分子结构中具有极性基的润滑油和无极性润滑油混合构成的,所述金属皂类增稠剂包括长径部长度为 3 $\mu\text{m}$  以上的长纤维状物。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

## 权 利 要 求 书

1、一种滚动轴承，包括：外圈，其内周面具有外圈轨道；内圈，其外周面具有内圈轨道；多个滚动体，其滚动自如地设置在外圈轨道和内圈轨道之间；护圈，保持多个滚动体，使其滚动自如，所述滚动轴承在外圈轨道和内圈轨道之间的空间内密封有润滑脂，其特征在于：所述润滑脂是在基础油中加入金属皂类增稠剂而形成的润滑脂组成物，其中，所述基础油是将分子结构中具有极性基的润滑油和无极性润滑油混合构成的，所述金属皂类增稠剂包括长径部长度至少为  $3\mu\text{m}$  的长纤维状物，同时，所述内圈轨道的断面形状的曲率半径及所述外圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 51.0~60.0%。

2、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述内圈轨道的断面形状的曲率半径及所述外圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 51.5~58.0%。

3、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述内圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 51.0~56.0%，而所述外圈轨道的断面形状的曲率半径是滚动体直径的 52.5~58.0%。

4、一种滚动轴承，包括：外圈，其内周面具有外圈轨道；内圈，其外周面具有内圈轨道；多个滚动体，其滚动自如地设置在外圈轨道和内圈轨道之间；护圈，保持多个滚动体，使其滚动自如，所述滚动轴承在外圈轨道和内圈轨道之间的空间内密封有润滑脂，其特征在于：所述润滑脂是在基础油中加入金属皂类增稠剂而形成的润滑脂组成物，其中，所述基础油是将分子结构中具有极性基的润滑油和无极性润滑油混合构成的，所述金属皂类增稠剂包括长径部长度至少为  $3\mu\text{m}$  的长纤维状物，同时，所述内圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 50.5~56.0%，而所述外圈轨道的断面形状的曲率半径是滚动体直径的 53.0~58.0%。

5、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述外圈轨道的断面形状的曲率半径大于所述内圈轨道的断面形状的曲率半径。

6、如权利要求 3 所述的滚动轴承，其特征在于，所述外圈轨道的断面形状的曲率半径大于所述内圈轨道的断面形状的曲率半径。

7、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述长纤维状物的长

径部的长度小于  $10\mu\text{m}$ 。

8、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述长纤维状物的含量是所述金属皂类增稠剂的总量的 30 质量%以上。

5 9、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述具有极性基的润滑油的含量是基础油总量的 5 质量%~70 质量%。

10、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述基础油在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $10\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $500\text{mm}^2/\text{s}$ 。

11、如权利要求 10 所述的滚动轴承，其特征在于，所述基础油含有在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $2000\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $100000\text{mm}^2/\text{s}$  的具有极性基的润滑油。

10 12、如权利要求 11 所述的滚动轴承，其特征在于，所述基础油含有在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $10\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $150\text{mm}^2/\text{s}$  的低粘度的、具有极性基的润滑油。

13、如权利要求 12 所述的滚动轴承，其特征在于，所述基础油含有在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $150\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $2000\text{mm}^2/\text{s}$  的中粘度的、具有极性基的润滑油。

15 14、如权利要求 11 所述的滚动轴承，其特征在于，所述基础油中在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $2000\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $100000\text{mm}^2/\text{s}$  的具有极性基的润滑油的含量是基础油总量的 5 质量%~30 质量%。

15、如权利要求 4 所述的滚动轴承，其特征在于，所述基础油在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $10\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $500\text{mm}^2/\text{s}$ 。

20 16、如权利要求 15 所述的滚动轴承，其特征在于，含有在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $2000\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $100000\text{mm}^2/\text{s}$  的具有极性基的润滑油。

17、如权利要求 16 所述的滚动轴承，其特征在于，含有在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $10\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $150\text{mm}^2/\text{s}$  的低粘度的、具有极性基的润滑油。

25 18、如权利要求 17 所述的滚动轴承，其特征在于，含有在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $150\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $2000\text{mm}^2/\text{s}$  的中粘度的、具有极性基的润滑油。

19、如权利要求 16 所述的滚动轴承，其特征在于，在  $40^\circ\text{C}$  时的动粘度为  $2000\text{mm}^2/\text{s}$ ~ $100000\text{mm}^2/\text{s}$  的具有极性基的润滑油的含量是基础油总量的 5 质量%~30 质量%。

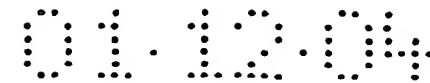
30 20、如权利要求 12 所述的滚动轴承，其特征在于，所述低粘度的具有极性基的润滑油是多元醇酯油、双酯油及酯油的至少一种。

21、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述金属皂是有机

脂肪酸金属盐或有机羟基脂肪酸金属盐。

22、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述润滑脂组成物的混合稠度为 250~330。

23、如权利要求 1 所述的滚动轴承，其特征在于，所述滚动轴承轴承  
5 单体具有内部间隙，至少负载轴向荷重以接触角为  $0^\circ$  以外的角度使用。



## 说明书

### 滚动轴承

5

#### 技术领域

本发明涉及用于一般产业的各种电机用滚动轴承，尤其涉及改善低温时的护圈声并降低微振磨损损伤(磨耗)及轴承转矩的滚动轴承。

10

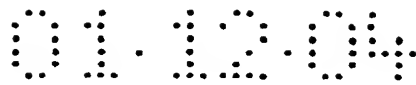
#### 背景技术

作为通常产业用的例子可举出空调装置(以下称为“空气调节器”)用的驱动电机装置。该空气调节器近年来正在朝高性能化及多功能化发展，例如在通过高速运转而快速冷却在短时间内将室温降低后，通过变频控制以  
15 低速运转将房间温度维持一定的技术。随之就要求在低速运转时抑制空气的排出声和电机的旋转声等的低噪音运转技术。但是，在低速运转时，装置内部的冷却效率降低，组装在电机中的滚动轴承的温度有时会上升到100~120℃左右，难于确保润滑的油膜厚度，封装在轴承内的润滑脂容易劣化。而且，随着劣化的发展就会产生噪音。

20 另外，在用于空气调节器的室外机中，有时在冬季等低温环境下运转起动时轴承的初期声响(护圈声)会成为问题。

并且，空气调节器使用的电机装置有时要在组装有滚动轴承的状态下利用卡车自电机厂家向最终用户长距离运输。在这种运输中，卡车会接触道路上的小的凹凸，由此形成反复施加的冲击载荷，传到滚动轴承。滚动  
25 轴承的滚动体和轨道面反复进行微小接触，在轨道面上产生微振磨损损伤(磨耗)，从而引起噪音。

另一方面，考虑到上述高性能化、多功能化，同时考虑到环境限制，为了抑制来自电机的发热，正在推进小型化及低输出化。因此，在用于这些用途的轴承中，转矩特性正在作为重要的功能被考虑。滚动轴承的动摩  
30 擦转矩因滚动接触面的微小滑动产生的摩擦、轴承内的滑动接触部的滑动摩擦及润滑脂的粘性阻力而产生。其中，众所周知，润滑脂的粘性阻力受



基础油的动粘度及润滑脂的稠度影响。因此，由于基础油的动粘度取决于形成流体润滑膜时油的剪切阻力，故该动粘度的降低会使滚动轴承的动摩擦转矩降低，因此，这会成为很大的解决对策。另外，由于润滑脂的稠度与轴承旋转时轴承内部承受剪切时的沟道作用有关，故降低该稠度也是有效的。

但是，当使基础油的动粘度降低时，如上所述，在空气调节器的电机中，由于存在由变频控制进行的较低速运转，故难于确保油膜厚度。通常动粘度低的油耐热性低，声响耐久性会产生问题。另一方面，降低润滑脂的稠度要增加增稠剂的配比，故润滑脂中基础油的量会相对减少，润滑脂的机械剪切阻力会升高，其结果基础油对轴承润滑面的供给量会减少，不能长期稳定地维持润滑性。

因此，基础油粘度及润滑脂稠度的降低是有限的，上述用途的滚动轴承，其 40℃ 时的基础油粘度为 10~500mm<sup>2</sup>/s、润滑脂的稠度为 NLGINo.2~3 品级或增稠剂配比为 5~20 质量% 范围的润滑脂是恰当的。另外，尤其是要求低噪音特性即音响耐久性的电机，通常使用以酯为基础油并将脂肪酸锂盐作为增稠剂与基础油配合形成的润滑脂。这是由于：酯油与矿物油比耐热性高，其分子结构中具有极性基，该极性基对金属表面的吸附性高，从而使其磨耗特性好，具有提高音响耐久性的作用。另外，在要求降低微振损伤(磨耗)的情况下，使用油膜形成性高的较高粘度的基础油是有效的。

内圈轨道及外圈轨道的断面形状的曲率半径根据荷重及旋转速度等有多种设计，但是，通常，内圈轨道的曲率半径及外圈轨道的曲率半径均设定为滚珠直径的 52%。这是基于：JIS 标准的“滚动轴承的动额定荷重及额定寿命的计算方法 解释”(JIS B1518-1992)的解释表 2 轨道槽的半径及减少系数在单列深槽滚珠轴承的动额定荷重的计算中，作为断面形状的曲率半径为滚动体直径的 52%。另外，在本申请人的轴承说明书中，计算动额定荷重及静额定荷重等时，作为内圈轨道及外圈轨道的各断面形状的曲率半径也是采用滚动体直径的 52%。如上所述，作为内圈轨道及外圈轨道的各断面形状的曲率半径也是采用滚动体直径的 52% 是普通的。

如上所述，可以预见，随着空气调节器的高性能、多功能化要求及对环境限制的考虑，对所组装的滚动轴承的规格，也会要求更进一步的改善音响特性、降低微振损伤(磨耗)以及实现低转矩化，且今后这种要求会越来越

越高。

## 发明内容

5        本发明就是鉴于上述状况而开发的，其目的在于，提供一种滚动轴承，能够很好地改善低温环境中运转起动时的轴承初期音响(护圈声)，并降低微振损伤(磨耗)、降低轴承转矩。

为了实现上述目的，本发明提供如下滚动轴承。

10        (1)滚动轴承包括：外圈，其内周面具有外圈轨道；内圈，其外周面具有内圈轨道；多个滚动体，其滚动自如地设置在外圈轨道和内圈轨道之间；护圈，保持多个滚动体，使其滚动自如，在外圈轨道和内圈轨道之间的空间内密封有润滑脂，所述润滑脂是在基础油中加入金属皂类增稠剂而形成的润滑脂组成物，其中，所述基础油是将分子结构中具有极性基的润滑油和无极性润滑油混合构成的，所述金属皂类增稠剂包括长径部长度至少为 3  
15         $\mu\text{m}$  的长纤维状物，同时，所述内圈轨道的断面形状的曲率半径及所述外圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 51.0~60.0%。

20        (2)滚动轴承包括：外圈，其内周面具有外圈轨道；内圈，其外周面具有内圈轨道；多个滚动体，其滚动自如地设置在外圈轨道和内圈轨道之间；护圈，保持多个滚动体，使其滚动自如，在外圈轨道和内圈轨道之间的空间内密封有润滑脂，所述润滑脂是在基础油中加入金属皂类增稠剂而形成的润滑脂组成物，其中，所述基础油是将分子结构中具有极性基的润滑油和无极性润滑油混合构成的，所述金属皂类增稠剂包括长径部长度至少为 3  
25         $\mu\text{m}$  的长纤维状物，同时，所述内圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 50.5~56%，所述外圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的 53.0~58.0%。

在本发明的滚动轴承中，通过使用上述特定的润滑脂组成物可降低轴承转矩。也就是说，由于润滑脂组成物的增稠剂包含长径部 3  $\mu\text{m}$  以上的长纤维状物，故因该长纤维状物在轴承旋转时的剪切显示取向性，由此降低轴承转矩。这种轴承转矩降低效果通过基础油的与无极性润滑油的组合而  
30        进一步增强。由于基础油中配合了分子结构中具有极性基的润滑油(以下称含极性基润滑油)，故该含极性基润滑油与现有的具有极性基的基础油(例如

- 酯油)发挥同样的作用, 优先吸附在轴承旋转部的接触面上, 形成吸附膜, 并改善表面摩擦特性, 降低轴承转矩。并且, 该含极性基润滑油与金属皂的胶束结构构成的长纤维状物相互作用, 尤其是使长纤维状物相互间的结合力减弱, 降低轴承旋转时润滑脂的剪切阻力, 从而进一步降低轴承转矩。
- 5 这样, 即使内圈轨道或外圈轨道的断面形状的曲率半径小于滚动体直径的 52%, 只要该值在 51% 以上, 就可得到优于现有规格的动转矩特性。

- 通过使内圈轨道或外圈轨道的断面形状的曲率半径为滚动体直径的 51.0~60.0%, 或使内圈轨道的断面形状的曲率半径是滚动体直径的 50.5~56%, 而外圈轨道的断面形状的曲率半径是所述滚动体直径的
- 10 53.0~58.0%, 则滚动体的滚动面和内圈轨道面或外圈轨道面的接触接触部存在的弹性变形量减小。也就是说, 赫兹接触椭圆变小, 可减轻差动摩擦, 降低轴承转矩。另外, 对运送时反复施加的冲击载荷, 可降低内圈轨道面或外圈轨道面上产生的微振损伤(磨耗), 可改善声响耐久性。当内圈轨道或外圈轨道的断面形状的曲率半径超过上述各上限时, 接触椭圆部分的最大
- 15 赫兹接触压力变得过大, 使内外圈轨道的滚动疲劳寿命降低, 在声响及剥离寿命方面不利。通过使外圈轨道的断面形状的曲率半径大于内圈轨道的断面形状的曲率半径, 可减小滚珠的滚动面和内圈轨道及外圈轨道的接触面压。

- 另外, 本发明的滚动轴承可降低外圈和内圈相对旋转时作用于外圈轨道及内圈轨道与滚动体的轨道面之间的摩擦, 抑制滚动轴承内部的发热。
- 20 其结果, 可抑制密封在内部的润滑脂组成物的劣化, 提高滚动轴承的声响耐久性。

#### 附图说明

25

- 图 1 是作为本发明对象的滚动轴承之一例的局部剖切立体图;  
图 2 是组装在滚动轴承上的护圈的另一例的立体图;  
图 3A 是由实施例 1 得到的润滑脂组成物的电子显微镜照片;  
图 3B 是由实施例 5 得到的润滑脂组成物的电子显微镜照片;  
图 4 是实施例中进行轴承转矩试验使用的测定装置的结构示意图;  
图 5 是由实施例得到的含极性基润滑油的配比与轴承转矩的关系曲线;
- 30





图 6 是由实施例得到的基础油动粘度与轴承转矩的关系曲线；

图 7 是由实施例得到的增稠剂的长纤维状物的配比与轴承转矩的关系曲线；

图 8 是由实施例得到的内圈轨道的断面形状的曲率半径对滚珠直径的比例与轴承转矩的关系曲线；

图 9 是实施例中进行微振试验使用的测定装置的结构示意图；

图 10 是实施例中进行轴承声响耐久试验使用的测定装置的结构示意图；

图 11 是本发明中理想的内圈轨道的断面形状的曲率半径对滚动体直径的比例和外圈轨道的断面形状的曲率半径对滚动体直径的比例的关系曲线。

### 具体实施方式

下面参照附图详细说明本发明的滚动轴承。

本发明中，滚动轴承本身的结构除后述的内圈轨道或外圈轨道的断面形状的曲率半径和滚动体直径的尺寸关系外没有限制，例如可采用图 1 所示的滚动轴承。图示的滚动轴承是将外周面具有内圈轨道 1 的内圈 2 和内周面具有外圈轨道 3 的外圈 4 同心配置，并将多个滚动体即滚珠 5、5 滚动自如地设置在内圈轨道 1 和外圈轨道 3 之间构成的。内圈轨道 1 和外圈轨道 3 均为深槽型，滚珠 5、5 滚动自如地被保持在设于护圈 6 的空穴 7、7 内。

护圈 6 被称作波形冲压护圈，是组装一对元件 8、8 而成的，其中一对元件 8、8 是利用冲压成形将金属板材形成波形圆环状而成的。两元件 8、8 各自在圆周方向的多处形成用于构成各空穴 7、7 的大致半圆筒状的凹部 9、9。将该一对元件 8、8 在这些凹部 9、9 以外的部分相互对接，用多个铆钉 10 将这些部分结合固定形成圆环状的在圆周方向多处具有空穴 7、7 的护圈 6。各凹部 9、9 的内面中间部形成断面呈圆弧状的球状凹面，其具有比各滚珠 5、5 的滚动面曲率半径稍大的曲率半径。

也可使用图 2 所示的被称作冠形护圈的护圈 11。该护圈 11 在由合成树脂等制造的圆环状主部 12 的圆周方向多处具有滚动自如地保持各滚珠 5、5

的空穴 7、7。合成树脂可使用聚酰胺树脂、聚缩醛树脂、酚醛树脂、聚丙烯树脂、聚苯硫醚树脂等，作为补强剂可适量添加玻璃纤维等。各空穴 7、7 由相互空着间隔配置在主部 12 的一对弹性片 13、13 的一侧面和在主部 12 的周向(图 2 的左右方向)单面(图 2 的右面)设于该一对弹性片 13、13 之间的部分的球面状凹面部 14、14 构成。弹性片 13、13 的一侧面及凹面部 14、14 的曲率半径均稍大于滚珠 5 的滚动面的曲率半径。

无论使用哪种护圈 6、11 润滑脂均充填于内圈 2 的外周面和外圈 4 的内周面之间存在的空间部分，对这些内圈 2 和外圈 4 的相对旋转进行润滑。并且，使得滚动轴承不产生振动和噪音，同时，防止烧附等故障。为此，要  
10 在外圈 4 两端部内周面上安装圆环状薄板或密封板等用于密封的板(未图示)，以封闭所述空间部分的两端开口，防止自该空间部分泄漏润滑剂或尘芥等异物侵入该空间部分内。在内圈 2、外圈 4 及滚珠 5、5 和各护圈 6、11 表面上考虑到金属制部件的防锈及寿命延长等涂敷有较薄的润滑油。

在上述滚动轴承中，使内圈轨道 1 及外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径为滚珠 5 的直径的 51.0~60.0%，通过该尺寸限定，可利用所述以含长纤维状物的增稠剂、含极性基润滑油及无极性润滑油为基础油的润滑脂的转矩降低效果，与使得内圈轨道 1 及外圈轨道 3 和滚珠 5 的滚动面的接触部存在的弹性变形量变小，赫兹接触椭圆变小，从而减轻差动滑动的效果的相乘效果，降低轴承转矩。对运输时反复施加的冲击载荷，可降低内圈轨道  
15 道 1 及外圈轨道 3 上产生的微振损伤(磨耗)，可改善声响耐久性。尤其是当使内圈轨道 1 及外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径大于 60.0%时，接触椭圆部分的最大赫兹接触压力会变得过大，会降低内圈轨道 1 及外圈轨道 3 的滚动疲劳寿命，在声响及剥离寿命方面不利。

内圈轨道 1 及外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径的理想范围是滚珠 5 的直径的 51.0~58.0%，或内圈轨道 1 的断面形状的曲率半径为滚珠 5 的直径的 50.5~56.0%，而外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径为滚珠 5 的直径的 53.0~58.0%。并且，通过使外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径大于内圈轨道 1 的断面形状的曲率半径，使滚珠 5 的滚动面和内圈轨道的接触面压减小，同时使其与滚珠 5 的滚动面和外圈轨道 3 的接触面压之差减小，很理想。  
25 30

另外，尤其理想的是，使内圈轨道 1 的断面形状的曲率半径为滚珠 5

的直径的 51.0~56%，而外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径为滚珠 5 的直径的 53.0~58.0%，可进一步降低轴承转矩、降低微振损伤(磨耗)及改善音响耐久性。这种情况下，理想的也是使外圈轨道 3 的断面形状的曲率半径大于内圈轨道 1 的断面形状的曲率半径。

- 5 构成用于本发明的滚动轴承的润滑脂组成物的基础油是含极性基润滑油和无极性润滑油的混合油。含极性基润滑油最好用具有酯结构的润滑油或具有醚结构的润滑油。

具有酯结构的润滑油无特别限定，可举例如下：由二元酸和支化醇反应得到的合成双酯油、碳酸酯油、由芳香族三元酸和支化醇反应得到的芳香族酯油、由一元酸和多元醇反应得到的多元醇酯油等。这些可单独使用也可多种并用。下面叙述各优选具体例。

10 合成双酯油可举出：己二酸二辛酯(DOA)、己二酸二异丁酯(DIBA)、己二酸二丁酯(DBA)、癸二酸二丁酯(DBS)、癸二酸二辛酯(DOS)、乙酰蓖麻酸甲酯(MAR-N)等。

15 芳香族酯油可举出：偏苯三酸三辛酯(TOTM)、偏苯三酸十三酯(TDTM)、偏苯四酸四辛酯(TOPM)等。

作为多元醇酯油可举出如下所示的多元醇和一元酸进行适当的反应得到的物质等。和多元醇反应的一元酸可以单独使用也可以并用多种。而且，也可以使用多元醇和二元酸、一元酸的混合酸的低聚酯的混合酯。作为多元醇可举出：三羟甲基丙烷(TMP)、季戊四醇(PE)、双季戊四醇(DPE)、新戊二醇(NPG)、2-甲基-2-丙基-1,3-丙二醇(MPPD)等。一元酸主要使用  $C_4 \sim C_{16}$  的一元脂肪酸，具体可举出：丁酸、戊酸、己酸、辛酸、庚酸、壬酸、癸酸、十一烷酸、月桂酸、十四烷酸、十六烷酸、牛脂脂肪酸、十八烷酸、癸烯酸、棕榈油酸、岩芹酸、油酸、反油酸、抗坏血酸、十八碳二烯酸、山梨酸、亚油酸、亚麻酸、桉酸、蓖麻油酸等。

25 作为碳酸酯油可举出直链或支链烷基的  $C_6 \sim C_{30}$ 。

另外，作为具有醚基结构的润滑油可举出：(二)烷基二苯基醚油、(二)烷基多苯基醚油、聚亚烷基二醇油等。

30 所述各含极性基润滑油可以单独使用也可以多种并用，考虑转矩特性以及音响耐久性，其中优选多醇酯油、芳香酯油。

另外，作为无极性润滑油可以使用矿物油、合成烃油或它们的混合油。

矿物油例如有：烷烃矿物油、环烷类矿物油等。另外，作为合成烃油的例子例如有：聚 $\alpha$ -烯油等。其中考虑音响耐久性，优选合成烃油。

所述含极性基润滑油和无极性润滑油的配合，优选使含极性基润滑油占基础油总量的 5~70 质量%、特别是 10~70 质量%。含极性基润滑油的配合量不足 5 质量%时，则对音响耐久性以及润滑性降低，不能得到期望的效果。本发明的滚动轴承使用的润滑脂组成物可以预先在无极性润滑油中合成含有长纤维状物的金属皂类增稠剂，溶解之后，制成胶体，将该胶体和含极性基润滑油混合，进行配制。当含极性基润滑油的配合量超过 70 质量%时，无极性润滑油的量过少，对长纤维状金属皂类增稠剂的合成有不好的影响。

此处，用质量%为单位表示的和用重量%为单位表示的几乎相同。

含极性基润滑油和无极性润滑油配合构成的基础油的动粘度和以往同样，处于  $10 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C}) \sim 500 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$  的范围即可，但是，为了顺畅地进行上述制造方法，含极性基润滑油最好包括  $2000 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C}) \sim 100000 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$  高粘度含极性基润滑油。通过作为增稠剂包括长纤维状物可降低转矩，故为了提高微振特性，最好在不影响转矩特性的范围内，使基础油的动粘度高，优选  $25 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C}) \sim 500 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，尤其优选  $50 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C}) \sim 500 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ 。

更理想的是，组合使用  $40^\circ\text{C}$  下动粘度为  $10 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 150 \text{ mm}^2/\text{s}$  的低粘性含极性基润滑油、 $40^\circ\text{C}$  下动粘度为  $150 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 2000 \text{ mm}^2/\text{s}$  的含极性基润滑油和  $40^\circ\text{C}$  下动粘度为  $2000 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 100000 \text{ mm}^2/\text{s}$  的高粘性含极性基润滑油。尤其理想的是混合使用低粘性含极性基润滑油、中粘性含极性基润滑油和高粘性含极性基润滑油，此时，高粘性含极性基润滑油的含量优选基础油总量的 5 质量%~30 质量%。低粘性含极性基润滑油优选自多元醇酯油、合成双酯油及酯油选择的至少一种。

构成本发明滚动轴承使用的润滑脂组成物的增稠剂是含有长径部长度至少为  $3 \mu\text{m}$  的长纤维状物的金属皂类增稠剂。金属皂优选一元及/或二元有机脂肪酸或有机羟基脂肪酸和金属氢氧化物合成得到的有机脂肪酸金属盐或有机羟基脂肪酸金属盐。用于金属皂的合成有机脂肪酸无特别限定，但可举出：月桂酸( $\text{C}_{12}$ )、十四烷酸( $\text{C}_{14}$ )、十六烷酸( $\text{C}_{16}$ )、十七烷酸( $\text{C}_{17}$ )、十八烷酸( $\text{C}_{18}$ )、二十烷酸( $\text{C}_{20}$ )、二十二烷酸( $\text{C}_{22}$ )、二十四烷酸( $\text{C}_{24}$ )、牛脂脂肪

酸等。有机羟基脂肪酸可举出：9-羟基十八烷酸、10-羟基十八烷酸、12-羟基十八烷酸、9,10-二羟基十八烷酸、蓖麻油酸、反蓖麻油酸等。另一方面，金属氢氧化物可举出：铝、钡、钙、锂和钠等的氢氧化物。

5 上述有机脂肪酸或有机羟基脂肪酸和金属氢氧化物的组合无特别限定，但是，十八烷酸、牛脂脂肪酸或羟基十八烷酸(尤其是 12-羧基十八烷酸)和氢氧化锂的组合对轴承性能好，故优选该组合。另外，也可根据需要多种并用。

10 为了得到含有包括长纤维状物的金属皂类增稠剂的润滑脂组成物，只要使上述有机脂肪酸或有机羟基脂肪酸和金属氢氧化物在作为基础油成分的无极性润滑油中反应，使其生成物与含极性基润滑油混合即可。生成条件无特别限定，作为一例举出下述生成方法。

15 首先，将羟基十八烷酸溶解在合成烃油(无极性润滑油中)，使其与氢氧化锂反应，制造锂皂。将其加热到 210℃ 以上，将锂皂溶解在含极性基润滑油中，然后，在 200℃ 保持约 60 分钟，然后以 1℃/分钟的速度缓慢冷却至 140℃，接着，在降到 140℃ 以下的时刻，添加加热到 140℃ 的追加基础油(合成烃油 + 含极性基润滑油)，用三辊磨机得到含有长纤维状锂皂的目的润滑脂。

另外，增稠剂量可以是与以往的润滑脂组成物同样的 5~20 质量%，适当选择有机脂肪酸或羟基脂肪酸、金属氢氧化物的配合量。

20 在润滑脂组成物中含有长纤维状的金属皂类增稠剂，其比例优选占增稠剂总量的 30 质量%以上，若少于此，则对轴承转矩的降低不能得到足够的效果。当长纤维状金属皂类增稠剂的长径部过长时，旋转时进入滚动轴承接触面时的振动变大，尤其是对初期音响特性产生不良影响，故长径部长度的上限优选 10 μm。短径部虽无特别限定，但小于 1 μm。长纤维状金属皂类增稠剂的长径部及短径部的尺寸可通过适当选择上述反应条件来控制。

25

另外，在上述合成的润滑脂组成物中，为了测定金属皂类增稠剂的长径部及短径部的长度，例如可将润滑脂组成物在己烷等溶剂中分散、稀释，使其附着在带有胶棉膜的铜制筛上，用透过型电子显微镜，以 6000~20000 倍倍率观察测定。图 3A 是显微镜照片之一例(实施例 1 的润滑脂组成物)，可知生成了长径部长度为 3 μm 以上的长纤维状物。

30

在润滑脂组成物中，除上述基础油及增稠剂外，优选添加羧酸或羧酸盐。通过添加羧酸或羧酸盐，可形成吸附膜，改善表面摩擦特性，更有效地降低轴承转矩。而且可改善音响耐久性。另外，作为羧酸例如可举出：油酸、环烷酸、琥珀酸等。琥珀酸化合物优选链烯基琥珀酸，琥珀酸衍生物例如可举出：烷基琥珀酸酯、烷基琥珀酸醚、链烯基琥珀酸酯、链烯基琥珀酸醚等。其添加量作为总量为润滑脂组成物总量的 10 质量% 以下是适当的。

另外，在润滑脂组成物中，只要不损害其优选特性，还可单独或两种以上组合添加抗氧化剂、防锈剂、金属钝化剂、油性剂、耐特压润滑油添加剂、防磨耗剂、粘度指数提高剂等。这些均可是公知的添加剂。例如抗氧化剂可使用胺系、酚系、硫系、二硫代磷酸锌等。防锈剂可使用石油磺酸盐、二壬基萘磺酸盐、山梨糖酯等。金属钝化剂可使用苯并三唑或锌酸钠等。油性剂可使用脂肪酸、植物油等。粘度指数提高剂可使用聚甲基丙烯酸酯、聚异丁烯、聚苯乙烯等。这些添加剂可单独或两种以上组合添加，其添加量作为总体优选润滑脂组成物总量的 20 质量% 以下。

润滑脂组成物的混合稠度优选 250~330。也就是说，自现有的 NLGINo.2~No.3 的范围向稠度较大的方向移动可得到低转矩。但是，若稠度过大则润滑脂会变得过度柔软，故稠度优选 250~330。

如上所成的滚动轴承在轴承单体具有内部间隙时可得到特别优异的低转矩及音响特性和耐微振性。在滚动轴承中，滚动体和内圈轨道及外圈轨道接触的接触椭圆的各自的半径差引起的差动滑动、及负载轴向荷重而具有接触角的状态下产生的旋转滑动也会影响转矩及音响特性。该旋转滑动引起的转矩增大在轴承单体具有内部间隙的滚动轴承承受轴向的予压及来自外部的轴向荷重，而在旋转时在具有接触角的状态下旋转的情况下是必然会产生。也就是说，本发明对轴承单体具有内部间隙的滚动轴承特别有效。

下面通过实施例及比较例进一步说明本发明。另外，本发明不限于以下实施例。

实施例 1~11、比较例 1~5

表 1、表 2 及表 3 表示实施例 1~11、比较例 1~5 的润滑脂组成及性状。另外，润滑脂组成物是向总量为 950g 的锂皂和基础油添加 50g 添加剂

(羧酸、抗氧化剂、防锈剂、金属钝化剂等)构成的总量 1000g 的润滑脂组成物。另外,基础油(含极性基润滑油和无极性润滑油的混合油)的动粘度(40℃)也示于表中。调制方法是:将羟基硬脂酸溶解在各无极性润滑油中,使其与氢氧化锂反应生成锂皂,将该锂皂加热到 210℃ 以上,溶解在各含极性基润滑油中,然后,在 200℃ 保持约 60 分钟,然后以 1℃/分钟的速度冷却至 140℃,接着,在降到 140℃ 以下的时刻添加加热到 140℃ 的追加基础油(合成烃油+含极性基润滑油),用三辊磨机得到润滑脂组成物。

然后,将实施例 1 及比较例 5 的润滑脂组成物分散稀释到乙烷中,使其附着在附有胶棉膜的铜制筛上,用透过型电子显微镜以 6000 倍的倍率观察。图 3A 显示实施例 1 的润滑脂组成物的显微镜照片,图 3B 显示比较例 5 的润滑脂组成物的显微镜照片,可知实施例 1 的润滑脂组成物含有长径部长度为 3  $\mu\text{m}$  以上的锂皂。

将各润滑脂组成物应用于下述所示的各试验轴承,供(1)轴承动转矩试验(2)轴承护圈声测定(3)微振试验及(4)轴承音响耐久试验用。

试验轴承中内圈轨道及外圈轨道的断面形状的曲率半径相对于滚珠的比例(以下称“槽 R”)如下:

实施例 1:内圈轨道的槽 R=51.75%,外圈轨道的槽 R=53.0%,  
 实施例 2:内圈轨道的槽 R=51.0%,外圈轨道的槽 R=53.0%,  
 实施例 3:内圈轨道的槽 R=52.5%,外圈轨道的槽 R=54.5%,  
 实施例 4:内圈轨道的槽 R=53.0%,外圈轨道的槽 R=55.0%,  
 实施例 5:内圈轨道的槽 R=56.0%,外圈轨道的槽 R=58.0%,  
 实施例 6:内圈轨道的槽 R=51.0%,外圈轨道的槽 R=51.0%,  
 实施例 7:内圈轨道的槽 R=59.0%,外圈轨道的槽 R=59.75%,  
 实施例 8~11(全部相同):内圈轨道的槽 R=51.0%,外圈轨道的槽 R=53.0%,

比较例 1~5(全部相同):内圈轨道的槽 R=52.0%,外圈轨道的槽 R=52.0%。

#### (1)轴承动转矩试验

用图 4 所示的测定装置 30 进行轴承动转矩测定。在该测定装置 30 中,试验轴承 31 为两个一组,用预压用防松垫圈 34 安装在连结在空气测量轴 32 上的轴 33 上。试验轴承 31 与空气测量轴 32 一起水平设置,经线 35 吊有

负载变换机 36，负载变换机 36 的输出由 X-Y 记录器 37 记录。

5 试验中，试验轴承 31 采用具有铁护圈的内径  $\phi 15\text{mm}$ 、外径  $\phi 35\text{mm}$ 、宽  $11\text{mm}$ 、内部间隙  $11\sim 25\ \mu\text{m}$  的非接触橡胶密封滚动轴承，将实施例 1~11、比较例 1~5 的各润滑脂组成物  $0.7\text{g}$  封入其中，使轴向载荷为  $39.2\text{N}$ ，以  $1400\text{min}^{-1}$  使内圈旋转，测定动转矩。将测定结果作为动转矩示于所述表 1、表 2 中。另外，在表 1、表 2 及表 3 中，x 表示封入现有空气调节器使用的润滑脂组成物后滚动轴承的动转矩为 100%(基准值)时，试验轴承 31 的动转矩为 80% 以上的情况； $\Delta$  表示为基准值的 60% 以上而不足 80% 的情况；O 表示为基准值的 40% 以上而不足 60% 的情况； $\odot$  表示为基准值不足 40% 的情况。轴承动转矩试验以 O 即不足基准值的 60% 的情况为合格。由表 1、表 2 及表 3 可知，实施例 1~11 可得到良好的转矩特性。

采用现有的内圈轨道的槽  $R=52.0\%$ 、外圈轨道的槽  $R=52.0\%$  的轴承，对润滑脂组成物中含极性基润滑油的配比、基础油动粘度、增稠剂的长纤维状物的配比利用轴承动转矩测定进行了检验。

#### 15 (1-1 含极性基润滑油配比的检验)

根据实施例 2 改变多元醇酯的配比调制润滑脂组成物，进行了上述轴承动转矩测定。测定是旋转开始 5 分钟后进行的。结果示于图 5，由此可知，多元醇酯为 5 质量% 以上尤其是在 10 质量% 以上时，可得到极良好的转矩特性。

#### 20 (1-2 基础油动转矩的检验)

根据实施例 2 及比较例 4 改变基础油动粘度调制润滑脂组成物，进行了上述轴承动转矩测定。测定是旋转开始 5 分钟后进行的。结果示于图 6，由此可知，在应用实施例 2 的润滑脂组成物的试验轴承中，在设定的基础油动粘度的整个范围( $25\sim 200\text{mm}^2/\text{s}$ 、 $40^\circ\text{C}$ )内，同样可降低轴承动转矩，得到极良好的转矩特性。

尤其是在动粘度为  $50\text{mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$  以上的情况下，实施例 2 和比较例 4 之差很显著。

#### (1-3 增稠剂中长纤维状物的配比的检验)

30 根据实施例 2 改变锂皂的长纤维状物的配比调制润滑脂组成物，进行了上述轴承动转矩测定。测定是旋转开始 5 分钟后进行的。结果示于图 7，由此可知，如果长纤维状物的配比大于 30 质量% 时，可将轴承转矩抑制得



很低。

(1-4 内圈轨道的断面形状的曲率半径的有效性的检验)

将实施例 2 的润滑脂组成物封入外圈轨道的断面形状的曲率半径恒定在 53.0%而分别调节了内圈轨道的断面形状的曲率半径的试验轴承，进行了上述轴承动转矩测定。测定是旋转开始 5 分钟后进行的。结果示于图 8，由此可知，如果内圈轨道的断面形状的曲率半径在滚珠外径的 51.0%以上，则可将轴承动转矩抑制得很低。尤其理想的是在 51.5%以上 58.0%以下，可使转矩比率低于 40%。

另外，在内圈轨道的断面形状的曲率半径为滚珠直径的 50.5%时，转矩比率比“O”基准值 60%小一些。这是由于：此时的外圈轨道的断面形状的曲率半径为滚珠直径的 53.0%，通过内圈轨道的断面形状的曲率半径和外圈轨道的断面形状的曲率半径的组合动转矩被抑制得很小。也就是说，即使内圈轨道的断面形状的曲率半径和外圈轨道的断面形状的曲率半径在滚珠直径的 51.0%~60%的范围之外，在内圈轨道的断面形状的曲率半径为滚珠直径的 50.5%以上而外圈轨道的断面形状的曲率半径为滚珠直径的 53.0%以上的情况下，也可得到低转矩特性。轴承转矩受内圈和滚动体及外圈和滚动体的接触面积以及接触时的滑动的影响。通常，存在内圈轨道的断面形状的曲率半径和外圈轨道的断面形状的曲率半径越小与滚动体的接触面积越大转矩越大的倾向，根据本发明，通过考虑内圈轨道的断面形状的曲率半径和外圈轨道的断面形状的曲率半径各自的大小，其结果可减小转矩。

(2)轴承护圈声测定

试验中，试验轴承 31 采用具有铁护圈的内径  $\phi 15\text{mm}$ 、外径  $\phi 35\text{mm}$ 、宽 11mm、内部间隙 11~25  $\mu\text{m}$  的非接触橡胶密封滚动轴承，将实施例 1~11、比较例 1~5 的各润滑脂组成物 0.7g 封入其中，使轴向载荷为 39.2N，以  $1400\text{min}^{-1}$  使内圈旋转，采用频率分析器测定 0℃及 +20℃下的护圈声。将测定结果作为护圈声示于所述表 1、表 2 及表 3 中。另外，在表 1、表 2 中，O 表示无护圈声发生， $\Delta$  表示稍有护圈声，x 表示护圈声大。由表 1、表 2 可知，实施例 1~11 不产生护圈声。

(3)微振试验

利用图 9 所示的测定装置 40 进行微振试验。该测定装置 40 中，试验

轴承 41 通过外圈盖 42 及轴 43 安装。采用励振器 44 反复以 50Hz 的频率将变动载荷作用于试验轴承 41。试验中，试验轴承 41 采用具有铁护圈的内径  $\phi 15\text{mm}$ 、外径  $\phi 35\text{mm}$ 、宽 11mm、内部间隙 11~25  $\mu\text{m}$  的非接触橡胶密封滚动轴承，将实施例 1~11、比较例 1~5 的各润滑脂组成物 0.7g 封入其中，轴向载荷在 20~1500N 间变动，反复  $5 \times 10^5$  次进行微振试验。利用下述评价基准对试验后的试验轴承 41 进行了轴承音响特性分析。

轴承的音响特性采用波荡器(アンデロンメータ)比较刚封入各润滑脂组成物后的轴承波荡(アンデロン)值和  $5 \times 10^5$  次微振试验后的轴承波荡值，以波荡值的上升值为基准判定音响特性。另外，当分解微振试验后的试验轴承，观察轴承轨道面的磨耗损伤状态时，磨痕深可清楚观察的轴承音响特性的降低(波荡上升值)大，而磨痕几乎不能确认的轴承没有音响特性的降低(没有波荡上升值)，确认了轴承轨道面的磨痕损伤状态与音响特性存在相关性。

将判定结果作为微振(音响特性)示于表 1、表 2 及表 3 中。在表 1、表 2 中，x 表示以封入现有空气调节器使用的润滑脂组成物后滚动轴承的音响特性(波荡上升值)为 100%(基准值)时，试验轴承 41 的音响特性为 75% 以上的情况； $\Delta$  表示为基准值的 50% 以上而不足 75% 的情况；O 表示为基准值的 25% 以上而不足 50% 的情况； $\odot$  表示为不足 25% 的情况。微振试验以 O 即不足基准值的 50% 的情况为合格。由表 1、表 2 可知，实施例 1~11 的润滑脂组成物微振特性优良。

#### (4)轴承音响耐久试验

采用图 10 所示的电机实机耐久试验机进行轴承音响耐久试验。该电机实机耐久试验机通过线圈 22 利用 DC(交流)电源(未图示)的动力使组装在罩 20 和转子 23 的两个一对试验轴承 21 旋转。试验轴承 21 采用具有合成树脂制护圈的内径  $\phi 8\text{mm}$ 、外径  $\phi 22\text{mm}$ 、宽 7mm、内部间隙 8~25  $\mu\text{m}$  并具有上述内圈轨道的槽 R 及外圈轨道的槽 R 的非接触金属密封滚动轴承，将实施例 1~11、比较例 1~5 的各润滑脂组成物 0.16g 封入其中。试验轴承 21 每个实施例及比较例各自准备 8 个，安装(轴向载荷为 39.2N)在上述电机实机耐久试验机上。然后将电机实机耐久试验机放置在调节到 120℃ 的恒温槽中，以  $300\text{min}^{-1}$  及  $5600\text{min}^{-1}$  使内圈旋转 1000 小时。1000 小时后将试验轴承 21 取出，利用下述评价基准分析轴承的音响特性。

轴承的音响测定采用波荡器进行，比较刚封入各润滑脂组成物后的轴承波荡值和使内圈旋转 1000 小时后的轴承波荡值，判定音响特性。将判定结果作为音响特性示于表 1、表 2 及表 3 中。在表 1、表 2 及表 3 中，O 表示音响特性无降低； $\Delta$  表示音响特性稍有降低；x 表示音响特性有降低。由表 1 可知，虽然实施例 7 中音响特性稍有降低，但各实施例均可得到可以满意的音响特性。

#### 实施例 12~27、比较例 6~10

以实施例 1~11 及比较例 1~5 的顺序按表 4~表 7 所示的比例调制润滑脂。另外，所用的聚  $\alpha$ -烯油 A 的动粘度为  $33 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，聚  $\alpha$ -烯油 B 的动粘度为  $60 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，聚  $\alpha$ -烯油 C 的动粘度为  $100 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，矿物油的动粘度为  $130 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，双酯油的动粘度为  $12 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，多元醇 A 的动粘度为  $760 \text{ mm}^2/\text{s}(100^\circ\text{C})$ ，多元醇 B 的动粘度为  $33 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，多元醇 C 的动粘度为  $200 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，烷基二苯基醚油 A 的动粘度为  $100 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ ，烷基二苯基醚油 B 的动粘度为  $67 \text{ mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ 。另外，基础油(含极性基润滑油和无极性润滑油的混合油)的动粘度( $40^\circ\text{C}$ )也同时示于表中。

使用各润滑脂组成物进行上述的(1)轴承动转矩试验(2)轴承护圈声测定(3)微振试验及(4)轴承音响耐久试验。将各自的结果以同样的判定基准示于表 4~表 7。

另外，所用的试验轴承的内圈轨道的槽 R 及外圈轨道的槽 R 如下：

实施例 12：内圈轨道的槽 R=51.75%，外圈轨道的槽 R=53.0%，

实施例 13：内圈轨道的槽 R=51.5%，外圈轨道的槽 R=52.5%，

实施例 14：内圈轨道的槽 R=53.0%，外圈轨道的槽 R=53.0%，

实施例 15：内圈轨道的槽 R=53.0%，外圈轨道的槽 R=55.0%，

实施例 16：内圈轨道的槽 R=56.0%，外圈轨道的槽 R=58.0%，

实施例 17：内圈轨道的槽 R=50.5%，外圈轨道的槽 R=53.0%，

实施例 18：内圈轨道的槽 R=59.0%，外圈轨道的槽 R=59.75%，

实施例 19~22(全部相同)：内圈轨道的槽 R=51.0%，外圈轨道的槽 R=53.0%，

实施例 23~27(全部相同)：内圈轨道的槽 R=51.75%，外圈轨道的槽 R=53.0%。

比较例 6~10(全部相同): 内圈轨道的槽  $R=52.0\%$ , 外圈轨道的槽  $R=52.0\%$ 。

如表 4~表 7 所示, 实施例均得到了优于比较例的结果。

在实施例 1~实施例 27 中, 动转矩选择◎, 音响特性选择○, 当求内  
5 圈轨道的断面形状的曲率半径及外圈轨道的断面形状的曲率半径相对于滚  
珠直径的下限值及上限值时, 为内圈轨道的断面形状的曲率半径是滚珠直  
径的  $51.0\%\sim 56.0\%$ , 而外圈轨道的断面形状的曲率半径是滚珠直径的  
 $52.5\%\sim 58.0\%$ 。另外, 在内圈轨道的断面形状的曲率半径是滚珠直径的  
 $50.5\%\sim 56.0\%$ , 而外圈轨道的断面形状的曲率半径是滚珠直径的  
10  $53.0\%\sim 58.0\%$ 时得到了优异的结果。

根据以上的实施例及比较例, 本发明理想的内圈轨道的断面形状的曲  
率半径及外圈轨道的断面形状的曲率半径与滚动体直径的尺寸关系总括示  
于图 11 中。图中区域①表示至少满足本发明第一方面或第四方面之一的范  
围, 区域②表示至少满足本发明第二方面或第三方面之一的范围, 区域③  
15 表示第三方面的范围, 区域④表示本发明第六方面的范围, 低转矩、音响  
特性、耐微振性以区域①<区域②<区域③<区域④的顺序越来越好。另外,  
直线 Y 是内圈轨道的断面形状的曲率半径及外圈轨道的断面形状的曲率半  
径相交于同一点的情况, 但是, 在该直线 Y 的上侧即外圈轨道的断面形状  
的曲率半径大于内圈轨道的断面形状的曲率半径的范围内, 内圈与滚动体  
20 及外圈与滚动体的接触面积及面压之差减小, 转矩降低及音响特性更好。

表 1 (单位 g)

组成、性状		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6
增稠剂·锂		100	120	100	120	80	90
基础油	聚- $\alpha$ -烯烃油	340	498	637	498	348	647
	矿物油						
	多元醇酯油	510	332	213	166	330	213
	烷基二苯醚油				166	192	
添加剂	链烯基琥珀酸酯油	25	25	15			5
	烷基琥珀酸醚油				20		5
	其他羧酸						
	抗氧剂、防锈剂、金属钝化剂	25	25	35	30	50	35
基础油动粘度(mm <sup>2</sup> /s 40℃)		170	100	50	150	200	50
混合稠度		180	270	290	270	280	285
纤维结构		含有长纤维状物					
动转矩		◎	◎	◎	◎	○	◎
护圈声	+20℃	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○
微振(音响特性)		◎	◎	◎~○	◎	◎	○
音响特性	300rpm	○	○	○	○	○	○
	5600rpm	○	○	○	○	○	○

表 2 (单位 g)

组成、性状		实施例 7	实施例 8	实施例 9	实施例 10	实施例 11
增稠剂·锂		110	120	120	120	120
基础油	聚- $\alpha$ -烯烃油	318	498	498	498	498
	矿物油					
	多元醇酯油	330	332	332	332	332
	烷基二苯醚油	192				
添加剂	链烯基琥珀酸酯油			5	10	
	烷基琥珀酸醚油		25	5		10
	其他羧酸		25	5	10	10
	抗氧剂、防锈剂、金属钝化剂	50		35	30	30
基础油动粘度(mm <sup>2</sup> /s 40℃)		200	100	100	100	100
混合稠度		285	260	270	270	260
纤维结构		含有长纤维状物				
动转矩		○	◎	◎	◎	◎
护圈声	+20℃	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○
微振(音响特性)		◎	◎	◎	◎	◎
音响特性	300rpm	△	○	○	○	○
	5600rpm	△	○	○	○	○

表 3

(单位 g)

组成、性状		比较例 1	比较例 2	比较例 3	比较例 4	比较例 5
增稠剂·锂		120	130	100	120	120
基础油	聚- $\alpha$ -烯烃油		410		830	
	矿物油			850		
	多元醇酯油	830	410			830
	烷基二苯醚油					
添加剂	链烯基琥珀酸酯油					
	烷基琥珀酸醚油					
	其他羧酸					
	抗氧化剂、防锈剂、金属钝化剂	50	50	50	50	50
基础油动粘度 $\text{mm}^2/\text{s}$ 40℃		25	55	130	100	117
混合稠度		250	245	270	277	276
纤维结构		只有短纤维状物	只有短纤维状物	含有长纤维状物	含有长纤维状物	只有短纤维状物
动转矩		◎	◎	×	○~△	×
护圈声	+20℃	○	○	○	△	△
	0℃	○	△	△	△	×
微振(音响特性)		×	×	△	△	△
音响特性	300rpm	△	×	×	△	×
	5600rpm	△	△	△	○	△

表 4

组成、性状		实施例 12	实施例 13	实施例 14	实施例 15	实施例 16	实施例 17
增稠剂·锂皂		100	120	100	120	80	90
基础油	聚 $\alpha$ -烯烃油 A	(g)					30
	聚 $\alpha$ -烯烃油 B	(g)	498	636	498	348	617
	聚 $\alpha$ -烯烃油 C	(g)					
	矿物油	(g)					
	二酯油	(g)					
	多元醇酯油 A	(g)	170	42	124	235	43
	多元醇酯油 B	(g)		171			170
	多元醇酯油 C	(g)	340	290	42	95	
添加剂	烷基二苯醚油 A	(g)					
	烷基二苯醚油 B	(g)			166	192	
	链烯基琥珀酸酯油	(g)	25	15			5
	烷基琥珀酸酯油	(g)			20		5
	其他羧酸	(g)					
	抗氧剂、防锈剂、金属钝化剂	(g)	25	25	35	30	35
基础油动粘度(mm <sup>2</sup> /s、40℃)		170	100	50	150	200	50
混合稠度		280	270	290	270	280	285
纤维结构							
动转矩		◎	◎	◎	◎	◎	◎
护圈声	+20℃	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○
微振(音响特性)		◎	◎	◎~○	◎	◎	◎
音响特性	300min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○
	5600min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○

含有长纤维状物



表 5

组成、性状		实施例 18	实施例 19	实施例 20	实施例 21	实施例 22
增稠剂·锂皂		110	120	120	120	120
基础油	聚 $\alpha$ - 烯烃油 A	(g)				
	聚 $\alpha$ - 烯烃油 B	(g)	498	498	498	498
	聚 $\alpha$ - 烯烃油 C	(g)				
	矿物油	(g)				
	二酯油	(g)				
	多元醇酯油 A	(g)	42	42	42	42
	多元醇酯油 B	(g)				
	多元醇酯油 C	(g)	290	290	290	290
	烷基二苯醚油 A	(g)				
	烷基二苯醚油 B	(g)	192			
添加剂	链烯基琥珀酸酯油	(g)		5	10	
	烷基琥珀酸酯油	(g)		5		10
	其他羧酸	(g)	25	5	10	10
	抗氧化剂、防锈剂、金属钝化剂	(g)	25	35	30	30
	基础油动粘度(mm <sup>2</sup> /s、40℃)	200	100	100	100	100
混合稠度		285	260	270	270	260
纤维结构		含有长纤维状物				
动转矩		○	◎	◎	◎	◎
护圈声	+20℃	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○
微振(音响特性)		◎	◎	◎	◎	◎
音响特性	300min <sup>-1</sup>	△	○	○	○	○
	5600min <sup>-1</sup>	△	○	○	○	○

表 6

组成、性状		实施例 23	实施例 24	实施例 25	实施例 26	实施例 27
增稠剂·锂皂		80	100	115	130	80
基础油	聚 $\alpha$ -烯烃油 A	(g)				
	聚 $\alpha$ -烯烃油 B	(g)				
	聚 $\alpha$ -烯烃油 C	(g)				348
	矿物油	(g)				
	二酯油	(g)		125		
	多元醇酯油 A	(g)	43	50	42	235
	多元醇酯油 B	(g)	340	400		
	多元醇酯油 C	(g)	127		158	95
	烷基二苯醚油 A	(g)				
	烷基二苯醚油 B	(g)				192
添加剂	链烯基琥珀酸酯油	(g)	25	15		
	烷基琥珀酸酯油	(g)			20	
	其他羧酸	(g)				
	抗氧剂、防锈剂、金属钝化剂 (g)	50	25	35	30	50
基础油动粘度(mm <sup>2</sup> /s、40℃)		115	60	60	80	130
混合稠度		300	285	270	250	290
纤维结构		含有长纤维状物				
动转矩		◎	◎	◎	◎	◎
护圈声	+20℃	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○
微振(音响特性)		◎	○	○	○	◎
音响特性	300min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○
	5600min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○

表 7

组成、性状		比较例 6	比较例 7	比较例 8	比较例 9	比较例 10
增稠剂·锂皂	聚 $\alpha$ -烯烃油 A	120	130	100	120	120
	聚 $\alpha$ -烯烃油 B		410			
	聚 $\alpha$ -烯烃油 C				830	
	矿物油			850		
	二酯油	750	410			
	多元醇酯油 A					290
	多元醇酯油 B					540
	多元醇酯油 C	80				
	烷基二苯醚油 A					
	烷基二苯醚油 B					
添加剂	链烯基琥珀酸酯油					
	烷基琥珀酸酯油					
	其他羧酸					
	抗氧剂、防锈剂、金属钝化剂 (g)	50	50	50	50	50
	基础油粘度(mm <sup>2</sup> /s、40℃)	25	55	130	100	117
	混合稠度	250	245	270	277	276
	纤维结构	只有短纤维状物	只有短纤维状物	含有长纤维状物	含有长纤维状物	只有短纤维状物
	动转矩	◎	◎	×	○~△	×
	护圈声	○	○	○	△	△
	微振(音响特性)	○	△	△	△	×
音响特性	300min <sup>-1</sup>	×	×	△	△	△
	5600min <sup>-1</sup>	△	△	×	△	×

如上所述，本发明的滚动轴承通过指定内圈轨道及外圈轨道的断面形状的曲率和滚动体的直径的尺寸关系，封入润滑脂组成物，可降低轴承转矩，且低温环境下运转起动时的轴承初期音响(护圈声)特性也很好，还可抑制微振损伤(磨耗)的产生，其中，所述润滑脂组成物是在混合含极性基润滑油及无极性润滑油的基础油中添加含长径部的长度至少为  $3\mu\text{m}$  的长纤维状物的金属皂类增稠剂而得到的。

本发明并不限于上述实施例，在不脱离本发明主旨的范围内，本领域技术人员可进行各种变更。

说明书附图

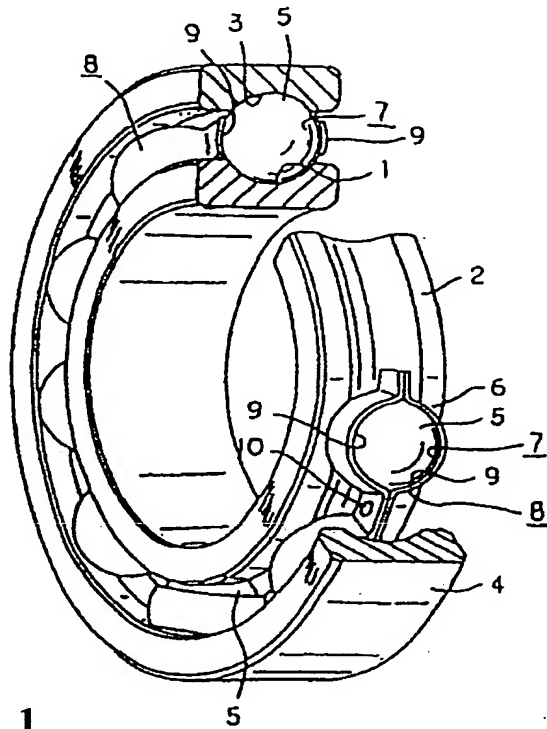


图 1

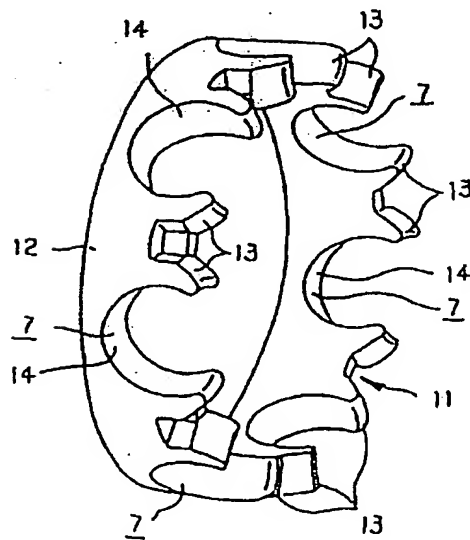
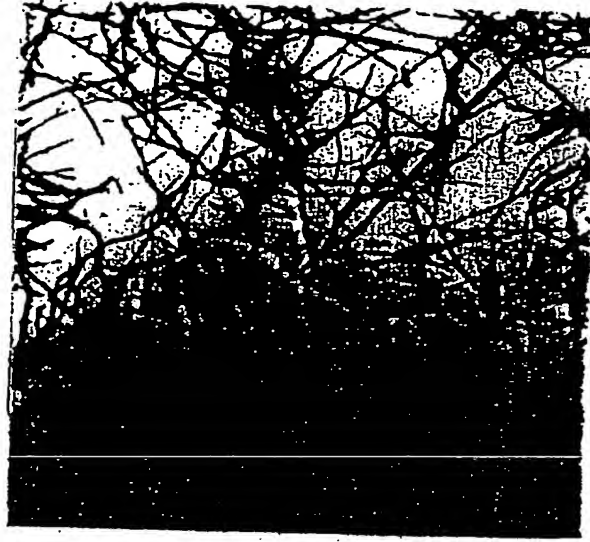


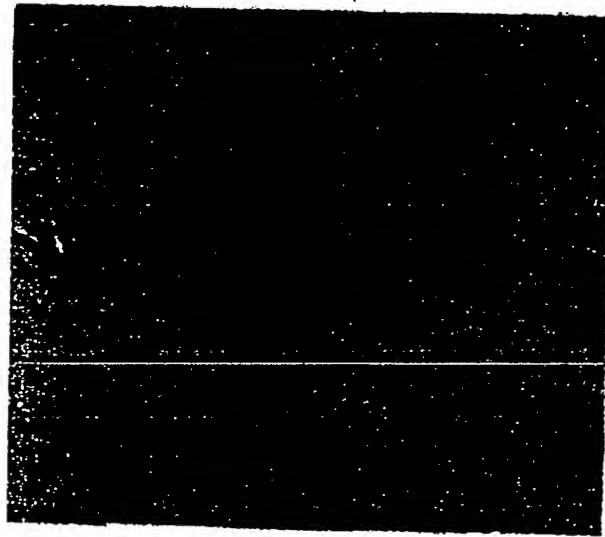
图 2

01.12.04



— : 1  $\mu$ m 倍率 6000倍

图 3A



— : 1  $\mu$ m 倍率 6000倍

图 3B

01.12.04

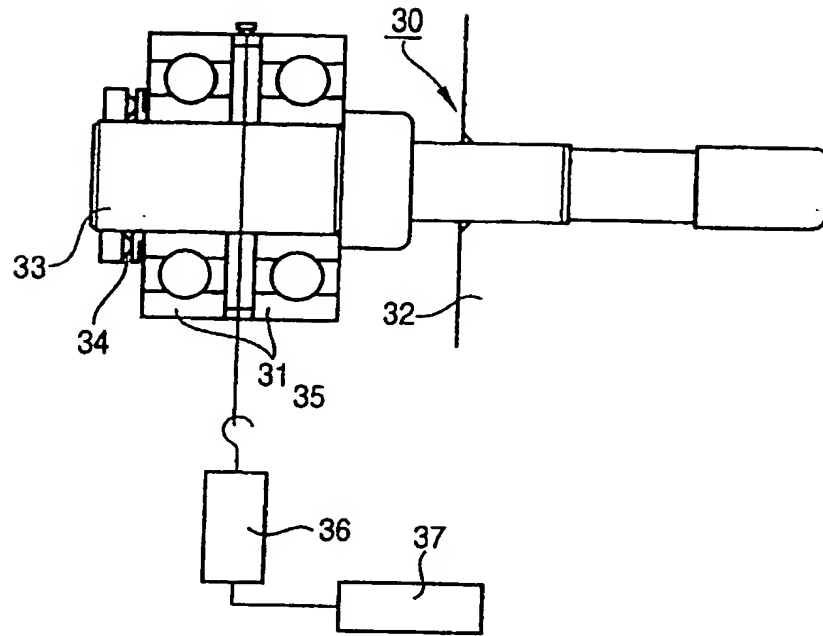


图 4

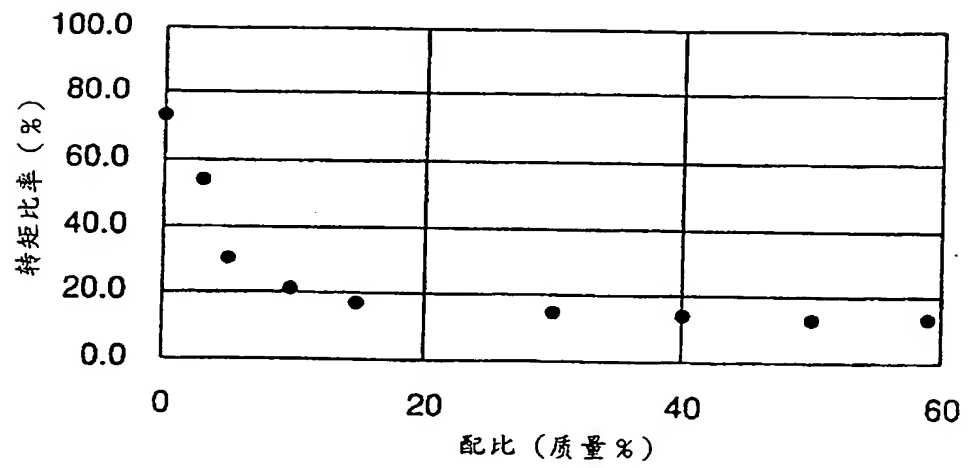


图 5

01.12.04

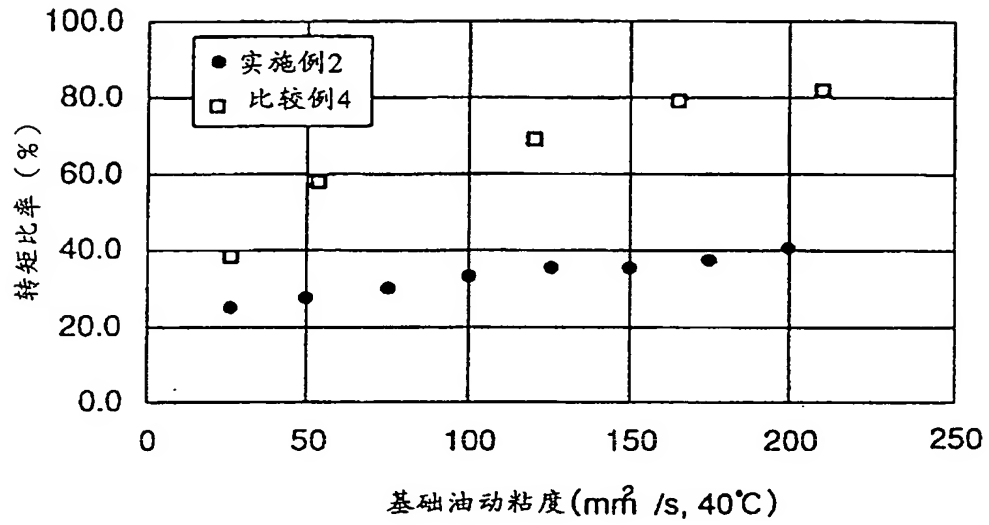


图 6

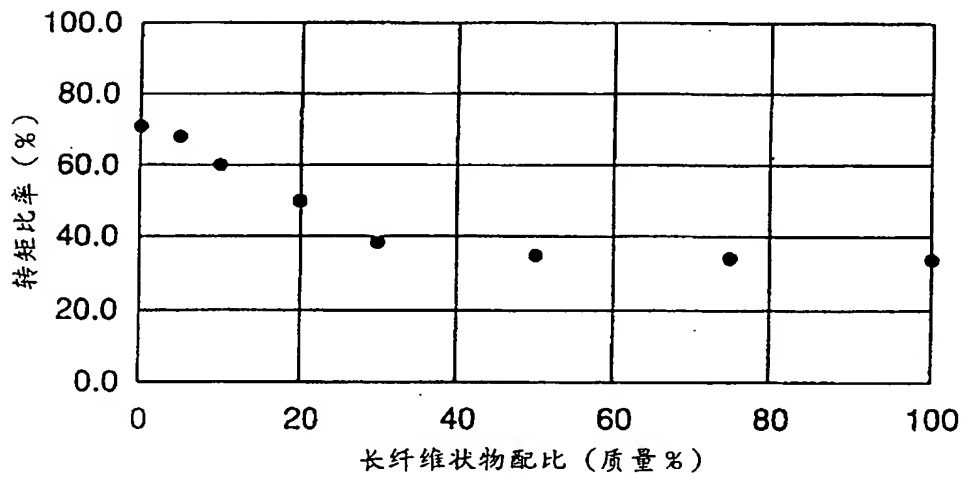


图 7



01.12.04

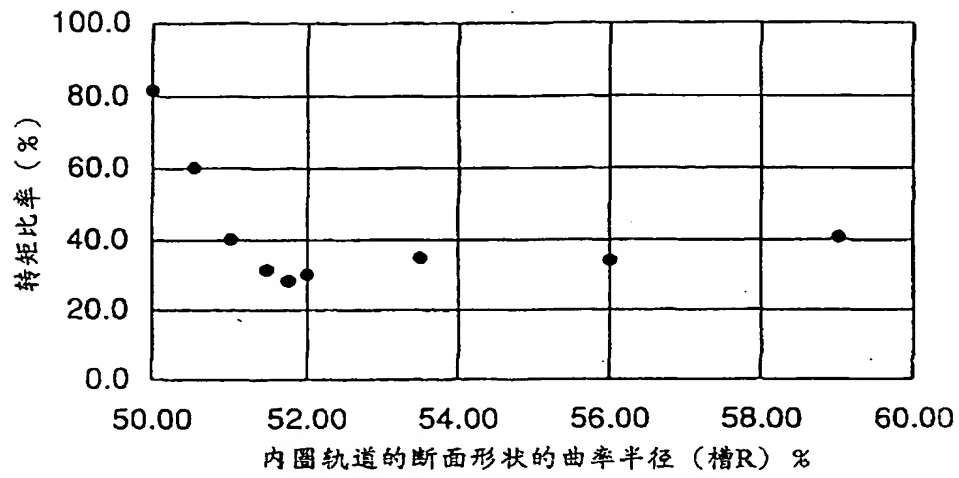


图 8

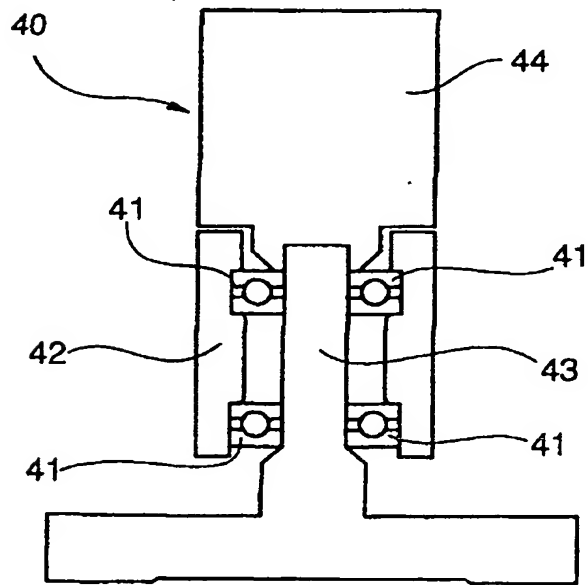


图 9

01.12.04

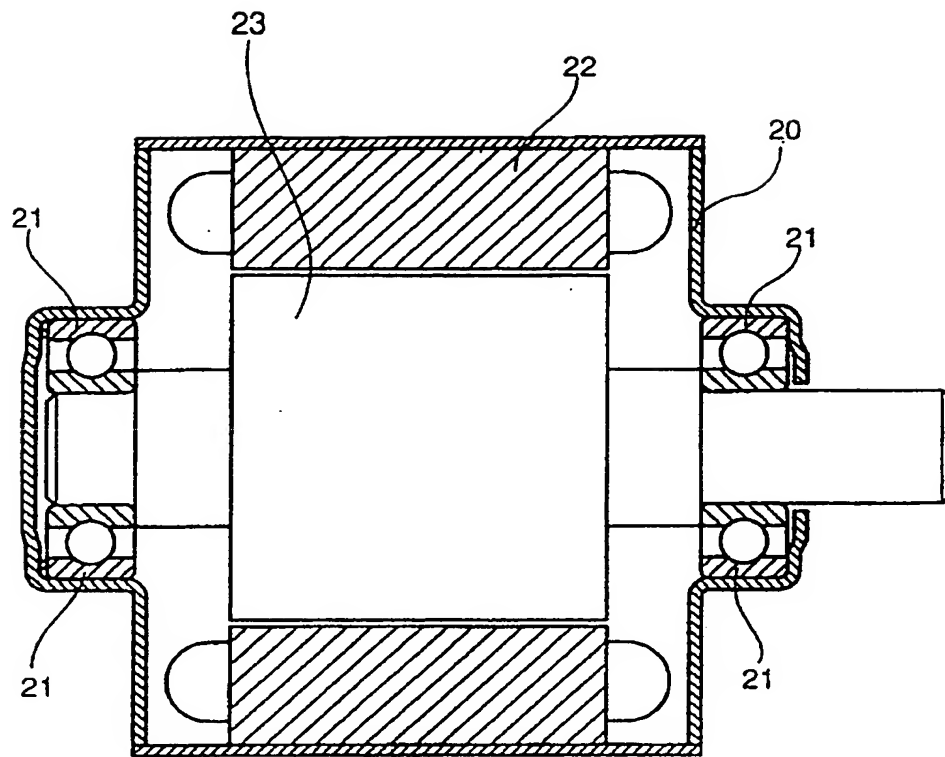


图 10

01.12.04

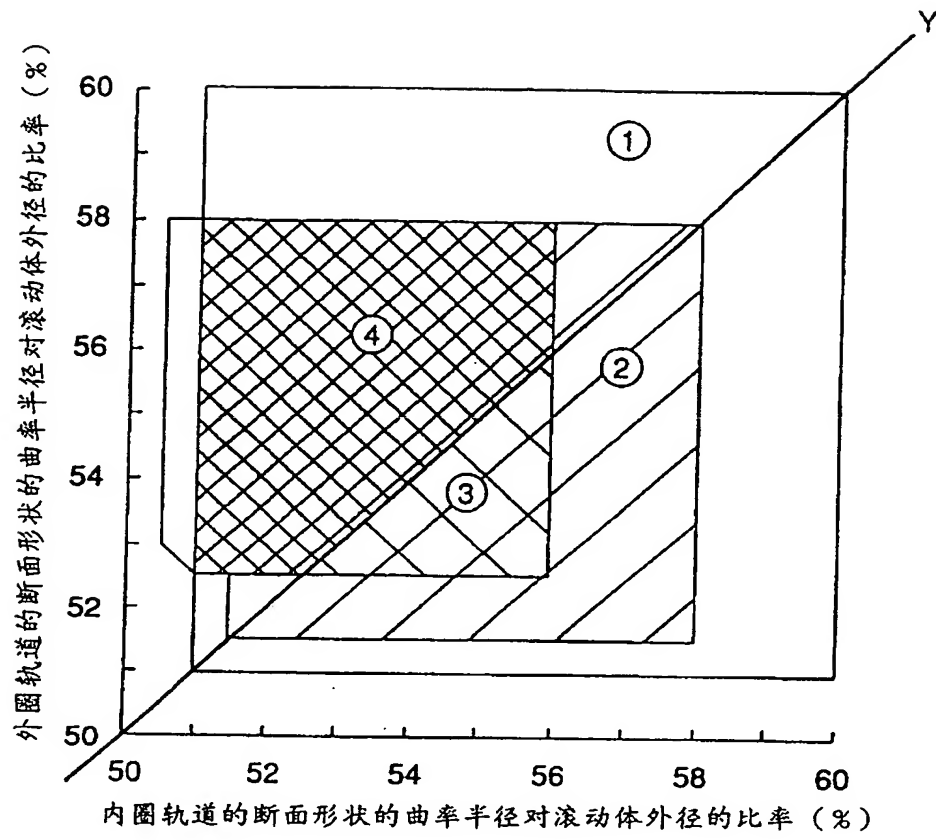


图 11